



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2014131582/02, 29.07.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.07.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.07.2014

(45) Опубликовано: 10.02.2016 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2368475 C1, 27.09.2009. SU 1756072  
A1, 23.08.1992. RU 2268124 C1, 20.01.2006. KR  
870001892 B1, 21.10.1987.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19, УрФУ,  
Центр интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Богатов Александр Александрович (RU),  
Салихьянов Денис Ринатович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Уральский  
федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

**(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПРОКАТА НА ОСНОВЕ  
НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ И АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к производству двух-,  
трех- и многослойных материалов горячей  
прокаткой и может быть использовано при  
производстве биметаллического проката на  
основе низкоуглеродистой стали и алюминиевых  
сплавов. Способ включает предварительную  
механическую обработку поверхности стальной  
заготовки, нагрев, сборку пакета и его прокатку.  
Повышение прочностных характеристик и

ресурса пластичности изделий обеспечивается за  
счет того, что на поверхности стальной заготовки  
в поперечном направлении к оси прокатки  
формируют зубчатый рельеф с углом при вершине  
30°-90°, после чего заготовку из алюминиевого  
сплава нагревают до температуры, равной 0,65-  
0,75 температуры плавления алюминия, а  
прокатку пакета производят со степенью  
деформации 65-80% за один проход. 2 ил., 1 табл.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 574 948** (13) **C1**

(51) Int. Cl.  
**B23K 20/04** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2014131582/02, 29.07.2014**

(24) Effective date for property rights:  
**29.07.2014**

Priority:

(22) Date of filing: **29.07.2014**

(45) Date of publication: **10.02.2016** Bull. № 4

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, K-2, ul. Mira, 19, UrFU,  
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Bogatov Aleksandr Aleksandrovich (RU),  
Salikhjanov Denis Rinatovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij  
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta  
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**

(54) **PRODUCTION OF BIMETAL ROLLED STOCK BASED OF LOW-CARBON STEEL AND ALUMINIUM ALLOY**

(57) Abstract:

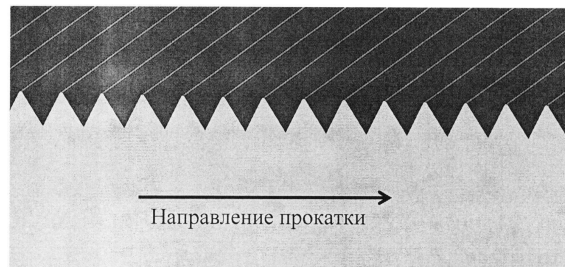
FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: claimed process comprises the mechanical surface processing of the steel billet, heating, stack assembly and its rolling. Toothed raised work with the vertex angle of 30-90 degrees is formed at the steel billet surface in crosswise direction to the rolling axis. Thereafter, the billet of aluminium alloy is heated to the temperature equal to 0.65-0.75 of aluminium melting point. The stack is rolled with deformation degree of 65-80% in a pass.

EFFECT: higher strength, larger resource of

plasticity.

2 dwg, 1 tbl



Фиг. 1

Изобретение относится к производству двух-, трех- и многослойных материалов горячей прокаткой и может быть использовано при производстве биметаллического проката на основе низкоуглеродистой стали и алюминиевых сплавов. Из существующего уровня техники известен способ прокатки конструкционных биметаллов без деформации стальной основы [Биметаллический прокат / П.Ф.Засуха, В.Д.Корщиков, О.Б.Бухвалов, А.А.Ершов // М.: Metallurgy, 1971. - 264 с.]. Общая схема технологического процесса состоит из следующих этапов:

- 1) подготовка металлов к плакированию, включающая обезжиривание, травление и зачистку проволочными щетками заготовок из стали и алюминиевых сплавов, предварительно плакированных слоем чистого алюминия;
- 2) нагрев заготовок из алюминиевых сплавов до температуры их горячей обработки;
- 3) формирование пакетов;
- 4) прокатка пакетов на стане горячей прокатки;
- 5) отжиг биметаллических листов;
- 6) резка и правка биметалла;
- 7) контроль качества, маркировка и т.д.

Недостатками известного способа являются низкие прочностные свойства зоны соединения слоев биметалла и низкая стабильность качества соединения слоев из-за отсутствия оптимальной технологии подготовки контактных поверхностей компонентов биметалла к совместной прокатке.

Наиболее близким решением к заявленному способу, который был принят в качестве прототипа, является способ получения биметаллов из низколегированной стали и алюминиевых сплавов (Патент №2368475 от 27.09.2009), включающий предварительную механическую обработку соединяемых поверхностей с удельным давлением 0,5-8,5 МПа с образованием перекрещивающегося рельефа, острый угол которого составляет от 20° и 70°; нагрев алюминиевой заготовки, предварительно плакированной слоем технически чистого алюминия, до температуры, равной 0,65-0,75 температуры плавления алюминия; сборку пакета, состоящего из холодной стальной и нагретой алюминиевой заготовок; совместную прокатку пакета за один проход с обжатием 65-80% и термообработку.

К недостатку прототипа относятся низкие прочностные свойства зоны соединения слоев готового биметалла (предел прочности на отрыв  $\sigma_{отр}$  и на срез  $\sigma_{ср}$ ), а также низкий ресурс пластичности металла  $A_p$  и зависящие от него высокие значения поврежденности металла  $\omega$ . Указанный недостаток является следствием подготовки профиля контактной поверхности стальной составляющей в виде перекрещивающегося рельефа с углом при вершине от 20° до 70°. Показатель Лоде близок к значению  $\mu_0 = -1$ , для которого пластичность алюминия меньше, чем при  $\mu_0 = 0$ . Высокое значение поврежденности металла в зоне соединения слоев биметалла приводит к локальным макроразрушениям металла и общему снижению прочностных характеристик и стабильности свойств вдоль зоны соединения слоев.

Техническим результатом изобретения является разработка способа производства биметаллического проката, предусматривающая пониженные значения поврежденности металла в зоне соединения слоев после совместной прокатки и обеспечивающая повышение эксплуатационных свойств и их стабильность в зоне соединения слоев биметаллического проката.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе получения биметаллического проката из низкоуглеродистой стали и алюминиевого сплава,

включающем предварительную механическую обработку поверхности стальной заготовки с удельным давлением 0,5-8,5 МПа с получением высоты неровностей профиля  $R_{\max}$ , находящейся в пределах 0,05-0,2 толщины плакирующего слоя алюминиевой заготовки, нагрев алюминиевой заготовки, предварительно плакированной слоем технически чистого алюминия, до температуры, равной 0,65-0,75 температуры плавления алюминия, сборку пакета, состоящего из холодной стальной и нагретой алюминиевой заготовок, совместную прокатку пакета за один проход с обжатием 65-80% и термообработку, согласно изобретению перед сборкой пакета на соединяемой поверхности стальной заготовки в поперечном направлении к оси прокатки формируют зубчатый рельеф с углом при вершине 30°-90°.

Схематично предлагаемый профиль поверхности твердой составляющей представлен на фиг. 1. Как показали результаты теоретических и экспериментальных исследований, одним из основных факторов, влияющих на эксплуатационные свойства переходной зоны, является рельеф контактных поверхностей компонентов биметалла. При совместном деформировании пакета контактные поверхности сближаются и начинается обжатие металла алюминиевой заготовки выступами поверхности стальной заготовки. При этом профиль стальной поверхности определяет напряженное состояние металла алюминиевой составляющей в процессе совместного обжатия, которое оценивается такими величинами, как относительное среднее нормальное напряжение  $\sigma/T$  и коэффициент Лоде  $\mu_0$ . Значения показателей напряженного состояния, которые способствуют минимизации поврежденности металла  $\omega$ , обеспечивают повышение эксплуатационных свойств. На фиг. 2 приведены диаграммы пластичности алюминиевого сплава, выступающего в роли более мягкой составляющей биметалла, по вариантам совместной раздачи со стальной составляющей пакета, имеющей перекрещивающийся рельеф (прототип) и имеющей предлагаемый поперечный направлению прокатки рельеф. Из диаграммы следует, что при формировании рельефа в поперечном направлении к оси прокатки обеспечивается повышение коэффициента Лоде  $\mu_0$  от -1 до 0 и, следовательно, увеличение ресурса пластичности.

Экспериментальным и теоретическим путем было установлено, что оптимальной формой профиля поверхности стальной заготовки, удовлетворяющей условию минимизации поврежденности металла  $\omega$  алюминиевой заготовки и развитию фактической площади контакта, является рельеф с углом при вершине 30°-90°. В этом случае реализуется схема деформации, максимально приближенная к схеме плоской деформации и достигается максимально возможное значение коэффициента Лоде  $\mu_0=0$ , способствующее увеличению ресурса пластичности металла алюминиевой заготовки и снижению поврежденности металла в зоне соединения слоев.

Образование рельефа с углом при вершине меньше 30° затрудняет заполнение металлом алюминиевой заготовки полости профиля стальной составляющей биметалла и, следовательно, не обеспечивается надежное сцепление составляющих. Применение рельефа с углом при вершине больше 90° не обеспечивает площадь контакта, необходимую для получения надежного сцепления составляющих биметалла.

Пример осуществления изобретения

Процесс получения биметалла «сталь - алюминиевый сплав», состоящий из листа 1Х18Н9Т, толщиной 5 мм и алюминиевого сплава АМгб 13 мм, включает в себя следующие операции:

- 1) травление и зачистка дисковыми щетками алюминиевой заготовки;
- 2) механическая обработка шлифовальным инструментом поверхности стали с

образованием на соединяемой поверхности рельефа с углом вершины в пределах 30°-90°, нанесенного в поперечном направлении к оси прокатки;

3) предварительный нагрев заготовки из алюминиевого сплава до 400-440°C;

4) сборка пакета;

5) совместная прокатка пакета со степенью деформации, равной 70-80%, без обжатия стали за один проход;

6) отжиг биметаллического листа.

С целью оценки эксплуатационных характеристик из прокатываемых биметаллических листов вырезались и подготавливались специальные образцы для испытания на прочность сцепления слоев биметалла на отрыв и на срез. Как показали результаты испытаний, приведенные в таблице, достигнуто увеличение прочности сцепления на 12-18% по сравнению с прототипом.

Таблица

Результаты испытаний прочности сцепления составляющих биметалла

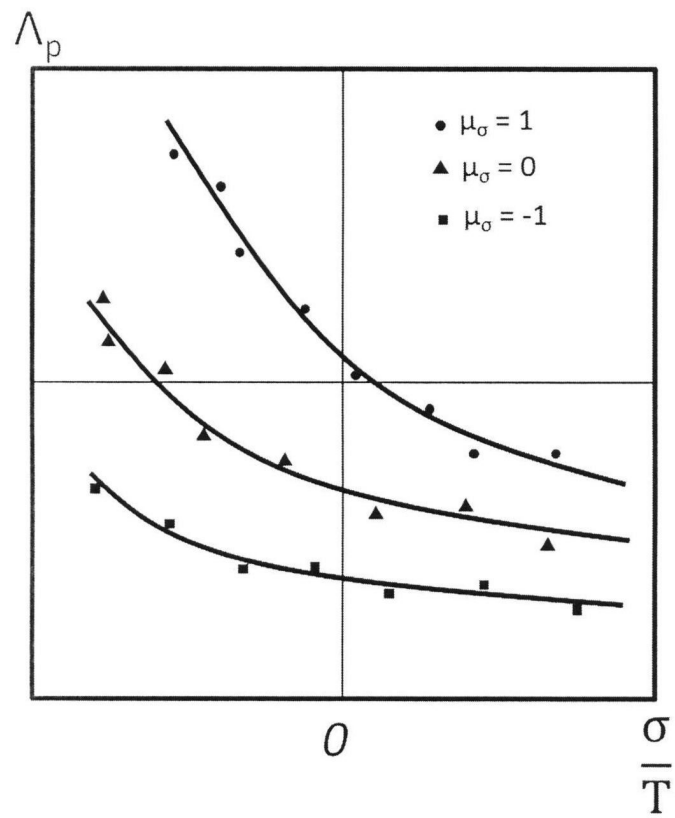
1X18H9T – АМг6

№ варианта	Угол при вершине продольного рельефа, °	Прочность сцепления на отрыв $\sigma_{отр}$		Прочность сцепления на срез $\sigma_{ср}$	
		Среднее значение, МПа	Среднеквадратич еское отклонение s, МПа	Среднее значение, МПа	Среднеквадрати ческое отклонение s, МПа
Предлагаемый способ					
1	30	161,6	15,9	74,91	4,08
2	45	164,51	13,4	77,2	3,61
3	60	168,43	11,2	79,8	2,6
4	75	163,22	12,2	76,78	3,53
5	90	157,86	16,2	75,14	4,15
Запредельные варианты					
6	20	154,2	17,1	51,2*	6,96
7	100	152,1	18,3	48,4*	7,2
Прототип					
8	45	143	26,8	68	5,6

\* наблюдаются локальные отслоения у проката

#### Формула изобретения

Способ получения биметаллического проката из низкоуглеродистой стали и алюминиевого сплава, включающий предварительное плакирование алюминиевой заготовки слоем технически чистого алюминия и механическую обработку поверхности стальной заготовки с удельным давлением 0,5-8,5 МПа с формированием рельефа, высота неровностей профиля которого составляет 0,05-0,2 толщины плакирующего слоя алюминиевой заготовки, нагрев алюминиевой заготовки до температуры, равной 0,65-0,75 температуры плавления алюминия, сборку пакета, состоящего из холодной стальной и нагретой алюминиевой заготовок, совместную прокатку пакета за один проход с обжатием 65-80% и термообработку, отличающийся тем, что рельеф на поверхности стальной заготовки перед сборкой пакета формируют с зубчатым профилем в поперечном направлении к оси прокатки с углом при вершине 30°-90°.



Фиг. 2